

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-067607

(43)Date of publication of application : 19.03.1993

(51)Int.Cl.

H01L 21/316

(21)Application number : 03-083395

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 20.03.1991

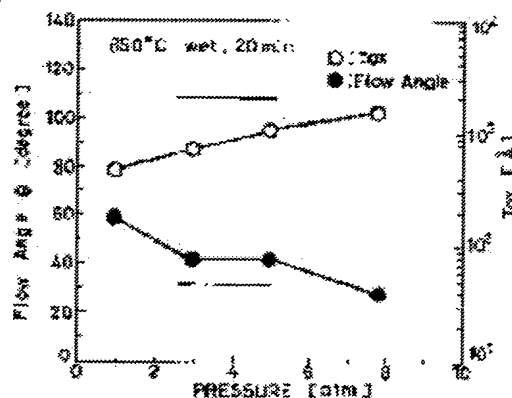
(72)Inventor : UMEDA KOJI  
KANEOKA TATSUNORI

## (54) FLATTENING METHOD FOR INSULATING FILM OF SEMICONDUCTOR DEVICE

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To increase the quantity of oxygen, to be diffused on an insulating film, to increase the diffusion speed and to effectively conduct a reflow treatment on a layer insulating film at low temperature in a short period of time by a method wherein the flattening of the insulating film is conducted under the pressure of 3 atm or higher in the atmosphere containing oxygen or vapor.

**CONSTITUTION:** It is necessary that a heat treatment is conducted at a temperature as low as possible for the time as short as possible in response to the microscopic formation of a VLSI, and based on the fact that the maximum tilt angle  $\theta$  of reflow decrease as the pressure of high pressure oxygen furnace increases under the same temperature, a low temperature reflow operation is conducted under a high pressure state. By having a high pressure atmosphere of 3 atm or higher using the high pressure under a WET state, the oxygen quantity  $T_{ox}$  is increased, and excellent reflow can be accomplished at the temperature lower than before for the same period of time.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-67607

(43)公開日 平成5年(1993)3月19日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 L 21/316

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

P 8518-4M

H 8518-4M

審査請求 未請求 請求項の数1(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平3-83395

(22)出願日 平成3年(1991)3月20日

特許法第30条第1項適用申請有り 1990年9月26日 社団法人応用物理学会発行の「1990年秋季第51回応用物理学会学術講演会講演予稿集第2分冊」に発表

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 梅田 浩司

兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機

株式会社エル・エス・アイ研究所内

(72)発明者 金岡 竜範

兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機

株式会社エル・エス・アイ研究所内

(74)代理人 弁理士 早瀬 憲一

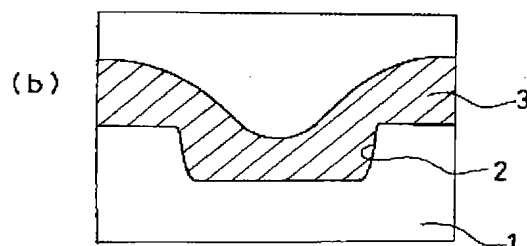
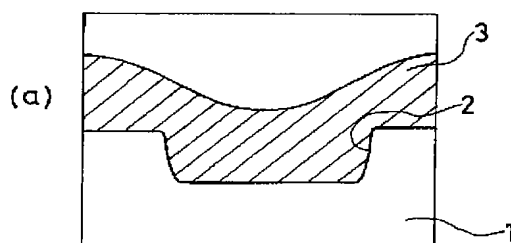
(54)【発明の名称】 半導体装置の絶縁膜の平坦化方法

(57)【要約】

【目的】 半導体装置のBPSG膜を比較的低温、短時間で効果的にリフローできる半導体装置の絶縁膜の平坦化方法を得る。

【構成】 半導体装置の基板上的凹凸面上に形成された絶縁膜を熱フローにより平坦化する方法において、上記熱フローを酸素又は、水蒸気を含む雰囲気中において3 atm以上の圧力下で行う。

【効果】 絶縁膜に拡散する酸素量及びその拡散速度が増大し、従来に比し低温でかつ短時間でBPSG膜の良好なリフローを実現できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体装置の基板上の凹凸面上に形成された絶縁膜を熱フローにより平坦化する方法において、上記熱フローを酸素を含む雰囲気中において3atm以上の圧力下で行うことを特徴とする半導体装置の絶縁膜の平坦化方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は半導体装置の絶縁膜の平坦化方法に関し、特にBPSG(Boro-phospho silicate glass)膜のリフロー処理温度の低減および処理時間の短縮を図ることのできる半導体装置の絶縁膜の平坦化方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、VLSIはますます大容量、高集積化されているが、その信頼性と歩留りを大きく左右するのは段差部分における配線のカバレッジと異物による断線である。そうしてその改善策の1つは配線膜の下地となる層間絶縁膜の平坦化プロセスにあり、従来MOS-LSIにおいて、広く用いられている層間絶縁膜の平坦化技術の1つはBPSG膜のリフロー(Reflow)法である。

【0003】 従来のBPSG膜としてはCVD法で形成するSiO<sub>2</sub>中に、例えば数モル%のP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>および数%のB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を加えて形成され、常圧の水蒸気雰囲気中で900℃の温度でリフローして平坦化していた。

【0004】 この場合、リフローによるPSG膜の平坦化向上を図るためには同膜中に拡散される酸素量が多いほど良好な結果が得られるため、上記のように比較的高温の水蒸気雰囲気、あるいは長時間かけて行っていたものである。

【0005】 例えば図6は同じ不純物濃度のBPSG膜のリフローによる平坦化のアニール雰囲気依存性を説明するための断面SEM写真を示す図であり、図において、1はSi基板、2はSi基板1に形成されたトレンチ部、3はSi基板1上に成膜されリフローされたBPSG膜である。図6(a)は水蒸気雰囲気(以下WET雰囲気と称する)下においてアニールしたもの、図6(b)は酸素雰囲気(以下O<sub>2</sub>と称する)下においてアニールしたもの、図6(c)は窒素雰囲気(以下N<sub>2</sub>雰囲気と称する)下においてアニールしたものをそれぞれ示し、いずれの場合もアニール条件は900℃、20分間である。これより明らかなようにWET雰囲気下ではBPSG膜で十分にリフローしているのに対して、O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>雰囲気下でのリフローは十分行われていないことがわかる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 ところでVLSIの微細化に伴い、不純物導入により形成する接合深さ等も浅くしなければならず、この不純物が深く広がってしまう

のを防ぐため熱処理はできるだけ低温でかつ短時間で施行することが必要であるが、従来のBPSG膜のリフローは上述のように高温、かつ長時間のリフロー条件で行われているので、熱処理中の不純物拡散等に起因する不良発生により歩留りの低下をもらたすといった問題点があった。

【0007】 この発明は上記のような問題点を解消するためになされたもので、低温かつ短時間のもとで層間絶縁膜の効果的なリフローの得られる平坦化方法を提供することを目的とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 この発明に係る半導体装置の絶縁膜の平坦化方法は、平坦化プロセスを酸素を含む雰囲気中において3atm以上の圧力下で行うようにしたものである。

## 【0009】

【作用】 この発明においては絶縁膜の平坦化を酸素を含む雰囲気中において3atm以上の圧力下で行うようにしたので、絶縁膜に拡散する酸素量およびその拡散速度が増大し、低温かつ短時間で層間絶縁膜を効果的にリフローできる。

## 【0010】

【実施例】 以下、この発明の一実施例を図について説明する。図5は基板の段差部に形成したBPSG膜を本発明の一実施例による半導体装置の絶縁膜の平坦化方法によりリフローした、断面SEM写真を示す図であり、図において、1はSi基板、2はSi基板1に形成されたトレンチ部、3はSi基板1上に成膜されリフローされたBPSG膜である。

【0011】 この実施例は、WET雰囲気下で高压酸化炉を用い、800℃、7.8atm、30分の条件下でリフローを行ったものである。

【0012】 次に、BPSG膜のリフローについて、発明者等が行った実験及びその評価について説明する。このたび、発明者等はSiH<sub>4</sub>/PH<sub>3</sub>/B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>系常圧CVD法を用いてSi基板段差上にBPSG膜を形成し、常圧下及び高压酸化炉を用いて800~900℃の熱処理を施し、リフローする実験を行って各条件での評価を行った。

【0013】 図1は基板の段差部に形成されたBPSG膜の平坦化状況の評価方法を説明するための断面図であり、図において1はSi基板、2は基板1に段差として形成されたトレンチ部、3は基板1上に形成されたBPSG膜である。また、θは段差部におけるBPSG膜3の最大傾斜角を示し、このθが小さいほどBPSG膜が平坦化されていることを示す。

【0014】 まず下地の段差として、Si基板1に幅3μm、深さ1μmのトレンチ2を形成し、このトレンチ部2上にSiH<sub>4</sub>/PH<sub>3</sub>/B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>系の連続式常圧CVD装置を用いて、380℃の形成温度下で膜厚1μm

のBPSG膜3を形成した。ここで、BPSG膜3の不純物濃度はB:1.9~4.8wt%, P:2.0~7.5wt%とした。形成当初、即ちリフロー前のBPSG膜3の最大傾斜角度は約130°である。

【0015】このように形成したBPSG膜3のリフローは常圧酸化炉、及び高压酸化炉を用いて、N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>及びWET雰囲気下でアニール温度は800~900℃、アニール時間は0~60分、高压酸化の圧力は1~7.8atmで行った。なお、高压酸化炉は同一アニール温度、時間で酸化量を変化させる目的で用いたものである。

【0016】次に評価方法について述べる。BPSG膜3のリフロー角度は断面SEM角度により図1のように最大傾斜角θで表し、θが小さいほど平坦化されていることを示す。酸化量については酸化雰囲気下でシリコン<100>基板上の酸化膜厚T<sub>ox</sub>で表した。以下に各種実験結果例を示す。

【0017】(1) BPSG膜のリフロー特性のアニール温度依存性

図2はBPSG膜を830℃~900℃、常圧WET雰囲気の下で60分間のアニールを行った場合の傾斜角θと酸化膜厚T<sub>ox</sub>の変化を示すグラフ図である。図において、縦軸に図1中の最大傾斜角θ、及びシリコン<100>基板上の酸化膜厚T<sub>ox</sub>をとり、横軸にアニール温度をとっている。△は酸化膜厚T<sub>ox</sub>の変化を、▲は最大傾斜角θの変化を示している。この結果から明らかなように雰囲気温度が850℃以上になると、傾斜角θは約30°で飽和し、これに伴い酸化量T<sub>ox</sub>は飽和傾向にあることわかる。

【0018】(2) BPSG膜のリフロー特性の酸化圧力依存性

図3はBPSG膜を雰囲気温度850℃のWET雰囲気下で20分間、高压酸化炉を用いてアニールを行った場合の各圧力に対応する傾斜角θと酸化量T<sub>ox</sub>の変化を示すグラフ図である。図において、縦軸に図1中の最大傾斜角θ、及びシリコン<100>基板上の酸化膜厚T<sub>ox</sub>をとり、横軸に圧力をとっている。○は酸化膜厚T<sub>ox</sub>の変化を、●は最大傾斜角θの変化を示している。この結果から明らかなように、圧力の増加とともに酸化量T<sub>ox</sub>は増加し、傾斜角θは減少することがわかる。

【0019】(3) BPSG膜のリフロー特性の酸化量依存性

図4は実験結果をもとに酸化量T<sub>ox</sub>と傾斜角θとの関係をまとめたグラフ図である。図において縦軸に図1中の最大傾斜角θをとり、横軸にシリコン<100>基板上の酸化膜厚T<sub>ox</sub>をとっている。○は常圧、900℃のアニールによる関係、△は常圧、850℃のアニールによる関係、▲は高压、850℃のアニールによる関係、□は常圧、830℃のアニールによる関係を示す。図から明らかなように、最大傾斜角θが酸化量T<sub>ox</sub>に依存する

ことがわかる。

【0020】(4) 高压酸化炉における雰囲気温度800℃でのリフロー結果

前述のようにVLSIの微細化に伴い、熱処理温度はできるだけ低温かつ短時間で施行することが必要であり、発明者等は前記(2)項に示したように、リフローによる最大傾斜角が同一温度の下でも高压酸化炉内の圧力増加とともに減少するという知見に基づき、高压条件下でさらなる低温度下でのリフローを試みた。この結果が図5(a)に示す実施例であり、アニール条件は上述のように、WET雰囲気下で高压酸化炉を用い、800℃、7.8atm、30分である。図5(b)は同一不純物濃度のBPSG膜をWET雰囲気下で850℃、1atm、30分の条件下でリフローさせて得られた断面SEM写真を示す図である。これより明らかなように、高压雰囲気とすることにより、酸化量が促進され、従来よりも低い温度により極めて良好なリフローが実現できる。

【0021】このように本実施例では、基板の凹凸面上に形成したBPSG膜をWET雰囲気下で高压酸化炉を用い、7.8atmの条件下でリフローしたから、従来よりも低い温度、短時間で極めて良好なリフローを実現でき、この平坦化方法を用いることにより、VLSIの歩留り及び信頼性を大幅に向上できる。

【0022】なお、上記実施例では7.8atmの条件下でリフローしたが、図3からもわかるように雰囲気圧力を3atm以上とすることにより良好なリフローが実現できるものである。

【0023】また、上記実施例ではWET雰囲気下でリフローするものについて述べたが、ドライ状態であっても、酸素を含む雰囲気内であれば、高い圧力をかけることにより酸化量T<sub>ox</sub>が促進されるため、良好なリフローが実現できるものである。

【0024】

【発明の効果】以上のようにこの発明によれば、絶縁膜の平坦化を酸素を含む雰囲気内で3atm以上の圧力下で行うようにしたので、上記絶縁膜に拡散される酸素量とその拡散速度が増大することとなり、従来に比し低温かつ短時間で層間絶縁膜を効果的にリフローできる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】基板の段差部に形成されたBPSG膜のリフロー状態の評価方法を説明するための断面模式図である。

【図2】BPSG膜のリフロー特性のアニール温度依存性を示す図である。

【図3】BPSG膜のリフロー特性の酸化圧力依存性を示す図である。

【図4】BPSG膜のリフロー特性の酸化量依存性を示す図である。

【図5】本発明の一実施例による半導体装置の絶縁膜の平坦化方法により高压WET雰囲気下でリフローしたBP

SG膜の断面SEM写真を示す図およびこれよりも高温で同一時間常圧WET雰囲気でリフローしたBPSG膜の断面SEM写真を示す図である。

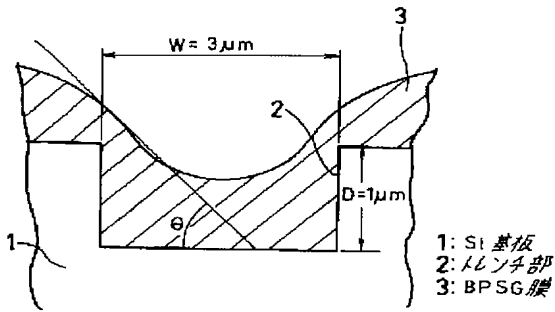
【図6】 同じ不純物濃度のBPSG膜のリフローによる平坦化のアニール雰囲気依存性を説明するための断面S\*

\* EM写真を示す図である。

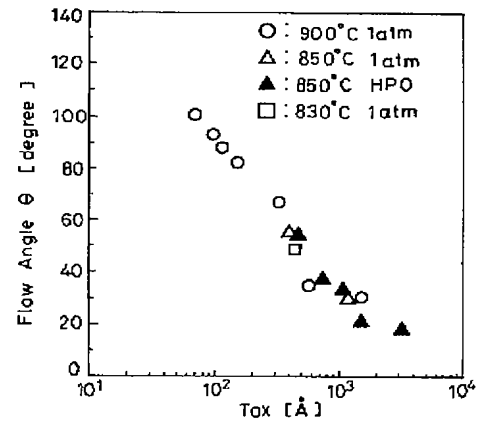
【符号の説明】

- 1 Si基板
- 2 トレンチ部
- 3 BPSG膜

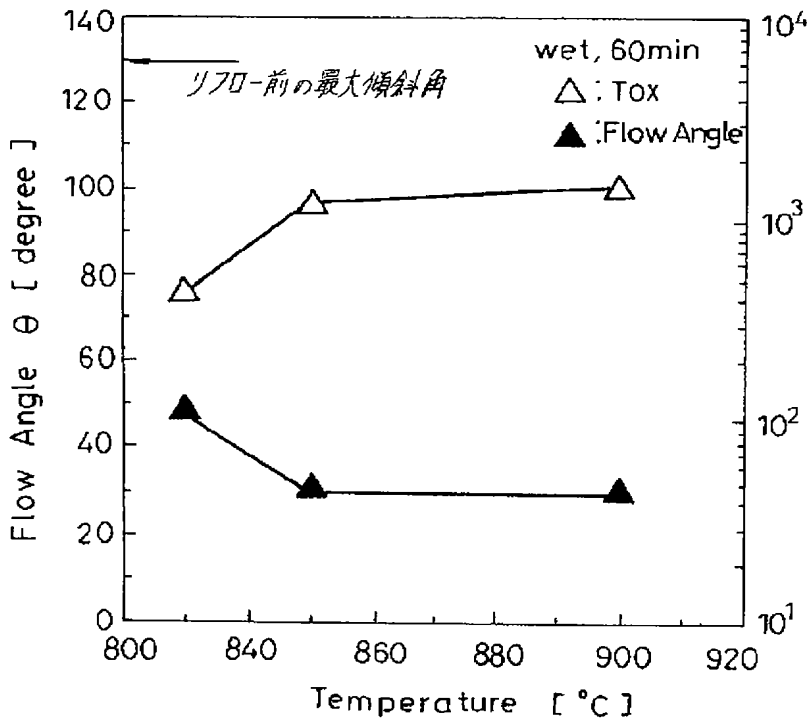
【図1】



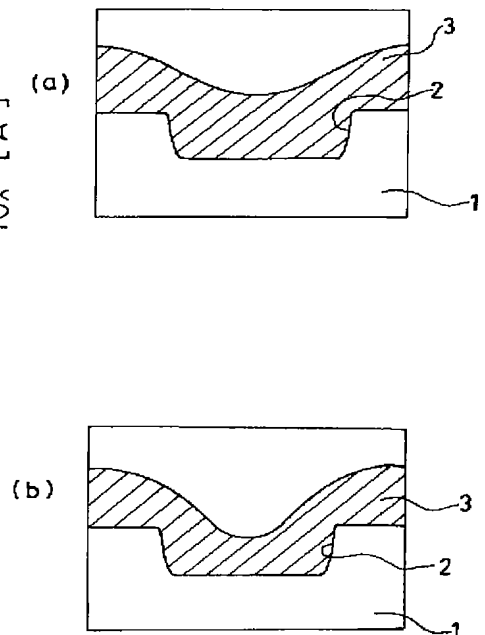
【図4】



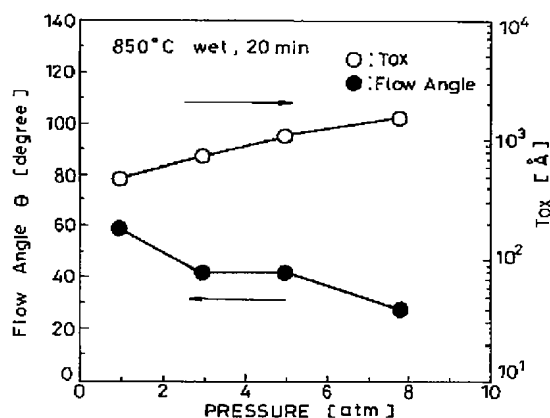
【図2】



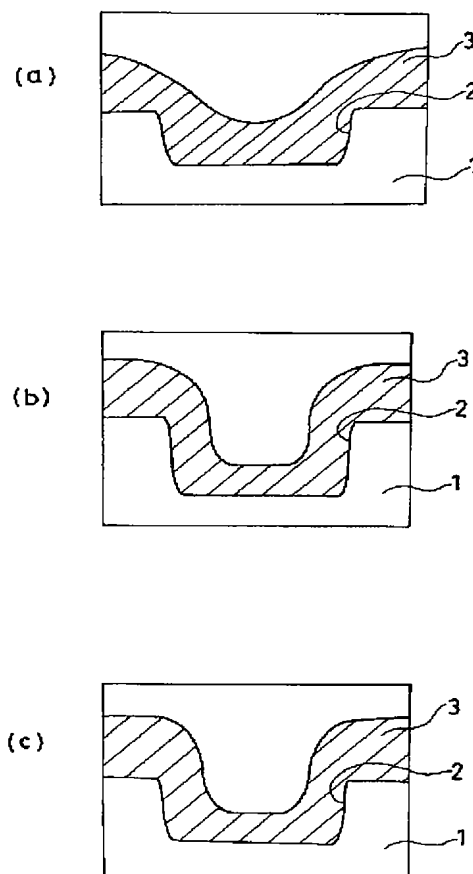
【図5】



【図3】



【図6】



## 【手続補正書】

【提出日】平成4年4月9日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項1】 半導体装置の基板上の凹凸面上に形成された絶縁膜を熱フローにより平坦化する方法において、上記熱フローを酸素又は、水蒸気を含む雰囲気中において3atm以上の圧力下で行うことを特徴とする半導体装置の絶縁膜の平坦化方法。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

【補正方法】変更

【補正内容】

【0002】

【従来の技術】近年、VLSIはますます微細化、高集積化されているが、その信頼性と歩留りを大きく左右するのは段差部分における配線のカバレッジと異物による

断線である。そうしてその改善策の1つは配線膜の下地となる層間絶縁膜の平坦化プロセスにあり、従来MOS-LSIにおいて、広く用いられている層間絶縁膜の平坦化技術の1つはBPSG膜のリフロー（Reflow）法である。

## 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0003

【補正方法】変更

【補正内容】

【0003】従来のBPSG膜としてはCVD法で形成するSiO<sub>2</sub>中に、例えば数モル%のP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>および数%のB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を加えて形成され、常圧の水蒸気雰囲気中で900℃程度の温度でリフローして平坦化していた。

## 【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正内容】

【0005】例えば図6は同じ不純物濃度のBPSG膜

のリフローによる平坦化のアニール雰囲気依存性を説明するための断面SEM写真を示す図であり、図において、1はSi基板、2はSi基板1に形成されたトレンチ部、3はSi基板1上に成膜されリフローされたBP SG膜である。図6(a)は水蒸気雰囲気（以下WET雰囲気と称する）下においてアニールしたもの、図6(b)は酸素雰囲気（以下O<sub>2</sub>と称する）下においてアニールしたもの、図6(c)は窒素雰囲気（以下N<sub>2</sub>雰囲気と称する）下においてアニールしたものをそれぞれ示し、いずれの場合もアニール条件は900℃、20分間である。これより明らかなようにWET雰囲気下ではBP SG膜が十分にリフローされているのに対して、O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>雰囲気下でのリフローは十分行われていないことがわかる。

#### 【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正内容】

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところでVLSIの微細化に伴い、不純物導入により形成する接合深さ等も浅くしなければならず、この不純物が深く広がってしまうのを防ぐため熱処理はできるだけ低温でかつ短時間で施行することが必要であるが、従来のBP SG膜のリフローは上述のように高温、かつ長時間のリフロー条件で行われているので、熱処理中の不純物拡散等に起因する不良発生により歩留りの低下をもたらすといった問題点があった。

#### 【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】

【課題を解決するための手段】この発明に係る半導体装置の絶縁膜の平坦化方法は、平坦化プロセスを酸素又は、水蒸気を含む雰囲気中において3atm以上の圧力下で行うようにしたものである。

#### 【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】

【作用】この発明においては絶縁膜の平坦化を酸素又は、水蒸気を含む雰囲気中において3atm以上の圧力下で行うようにしたので、絶縁膜に拡散する酸素量およびその拡散速度が増大し、低温かつ短時間で層間絶縁膜を効果的にリフローできる。

#### 【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】次に評価方法について述べる。BP SG膜3のリフロー角度は断面SEM写真により図1のように最大傾斜角 $\theta$ で表し、 $\theta$ が小さいほど平坦化されていることを示す。酸化量についてはシリコン〈100〉基板上の酸化膜厚 $T_{ox}$ で表した。以下に各種実験結果例を示す。

#### 【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】(1) BP SG膜のリフロー特性のアニール温度依存性

図2はBP SG膜を830℃～900℃、常圧WET雰囲気の下で60分間のアニールを行った場合の傾斜角 $\theta$ と酸化膜厚 $T_{ox}$ の変化を示すグラフ図である。図において、縦軸に図1中の最大傾斜角 $\theta$ 、及びシリコン〈100〉基板上の酸化膜厚 $T_{ox}$ をとり、横軸にアニール温度をとっている。△は酸化膜厚 $T_{ox}$ の変化を、▲は最大傾斜角 $\theta$ の変化を示している。この結果から明らかなように雰囲気温度が850℃以上になると、傾斜角 $\theta$ は約30°で飽和し、これに伴い酸化量 $T_{ox}$ は飽和傾向にあることがわかる。

#### 【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】(2) BP SG膜のリフロー特性の酸化圧力依存性

図3はBP SG膜を雰囲気温度850℃のWET雰囲気下で20分間、高压酸化炉を用いてアニールを行った場合の各圧力に対応する傾斜角 $\theta$ と酸化量 $T_{ox}$ の変化を示すグラフ図である。図において、縦軸に図1中の最大傾斜角 $\theta$ 、及びシリコン〈100〉基板上の酸化膜厚 $T_{ox}$ をとり、横軸に圧力をとっている。○は酸化膜厚 $T_{ox}$ の変化を、●は最大傾斜角 $\theta$ の変化を示している。この結果から明らかなように、圧力の増加とともに酸化量 $T_{ox}$ は増加し、傾斜角 $\theta$ は減少することがわかる。

#### 【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正内容】

【0020】(4) 高压酸化炉における雰囲気温度800



## ℃でのリフロー結果

前述のように VLSI の微細化に伴い、熱処理温度はできるだけ低温かつ短時間で施行することが必要であり、発明者等は前記(2)項に示したように、リフローによる最大傾斜角が同一温度の下でも高圧酸化炉内の圧力増加とともに減少するという知見に基づき、高圧条件下でさらなる低温度下でのリフローを試みた。この結果が図 5 (a) に示す実施例であり、アニール条件は上述のように、WE T 雰囲気下で高圧酸化炉を用い、800℃, 7.8 atm, 30 分である。図 5 (b) は同一不純物濃度の BPSG 膜を WE T 雰囲気下で 850℃, 1 atm, 30 分の条件下でリフローさせて得られた断面 SEM 写真を示す図である。これより明らかなように、高圧雰囲気とすることにより、酸化量が促進され、従来よりも低い

温度により同一時間で極めて良好なリフローが実現できる。

【手続補正 12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

【補正内容】

【0024】

【発明の効果】以上のようにこの発明によれば、絶縁膜の平坦化を酸素又は、水蒸気を含む雰囲気内で 3 atm 以上の圧力下で行うようにしたので、上記絶縁膜に拡散される酸素量とその拡散速度が増大することとなり、従来に比し低温かつ短時間で層間絶縁膜を効果的にリフローできる効果がある。